

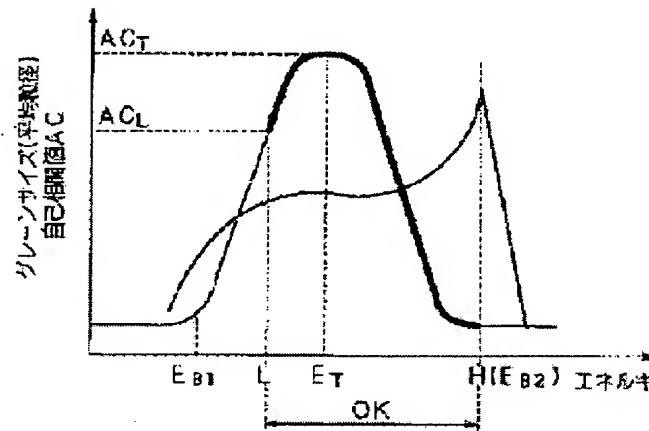
POLYSILICON EVALUATION METHOD, POLYSILICON INSPECTION DEVICE, AND METHOD OF MANUFACTURING THIN FILM TRANSISTOR

Patent number: JP2001196430
Publication date: 2001-07-19
Inventor: WADA HIROYUKI; HIRATA YOSHIMI; TAGUCHI AYUMI; TATSUKI KOICHI; UMETSU NOBUHIKO; KUBOTA SHIGEO; ABE TETSUO; OOSHIMA AKIFUMI; HATTORI TADASHI; TAKATOKU MASATO; SUGANO YUKIYASU
Applicant: SONY CORP
Classification:
 - **international:** G01N21/956; G02F1/136; G02F1/1368; H01L21/20; H01L21/336; H01L21/66; H01L29/786; G01N21/88; G02F1/13; H01L21/02; H01L21/66; H01L29/66; (IPC1-7): H01L21/66; G01N21/956; G02F1/1368; H01L21/20; H01L21/336; H01L29/786
 - **european:**
Application number: JP20000005994 20000107
Priority number(s): JP20000005994 20000107

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2001196430

PROBLEM TO BE SOLVED: To evaluate the state of a polysilicon film formed by annealing an amorphous silicon film with an excimer laser. **SOLUTION:** Linearity or periodicity appears in the spatial structure of the film surface of a polysilicon film corresponding to energy given to an amorphous silicon film when the amorphous silicon film is subjected to an annealing treatment for the formation of the polysilicon film. The linearity or periodicity is subjected to image processing, and then the linearity or periodicity is digitized using the auto-correlation function. The state of a polysilicon film is decided based on a digitized result.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-196430

(P2001-196430A)

(43)公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 01 L 21/66		H 01 L 21/66	J 2 G 0 5 1
G 01 N 21/956		G 01 N 21/956	A 2 H 0 9 2
G 02 F 1/1368		H 01 L 21/20	4 M 1 0 6
H 01 L 21/20		G 02 F 1/136	5 0 0 5 F 0 5 2
29/786		H 01 L 29/78	6 2 4 5 F 1 1 0

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-5994(P2000-5994)

(22)出願日 平成12年1月7日 (2000.1.7)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 和田 裕之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72)発明者 平田 芳美

東京都品川区西五反田3丁目9番17号 ソ
ニ・プレシジョン・テクノロジー株式会
社内

(74)代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

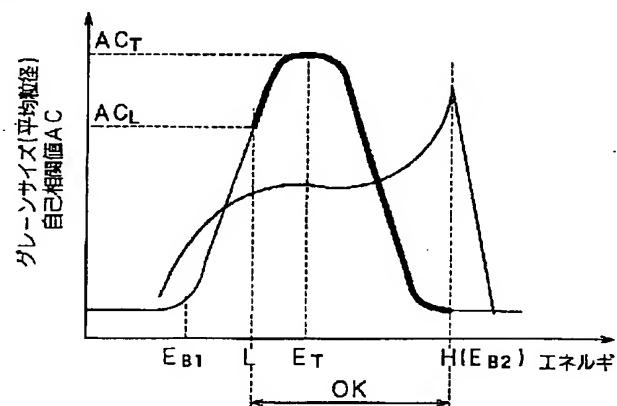
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ポリシリコン評価方法、ポリシリコン検査装置及び薄膜トランジスタ製造方法

(57)【要約】

【課題】 アモルファスシリコン膜をエキシマレーザア
ニールすることにより形成されたポリシリコン膜の状態
の評価をする。

【解決手段】 アモルファスシリコン膜に対してアニー
ル処理を行いポリシリコン膜を形成したときに、このア
ニール処理時においてアモルファスシリコンに与えるエ
ネルギーに応じて、形成されたポリシリコン膜の膜表面
の空間構造に直線性や周期性が現れる。この直線性や周
期性を画像処理したのち、その画像から直線性や周期性
を自己相関関数を利用して数値化する。この数値化した
結果に基づきポリシリコン膜の状態を判断する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アモルファスシリコン膜をアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を評価する評価方法において、上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき上記ポリシリコン膜の状態を評価することを特徴とするポリシリコン評価方法。

【請求項 2】 アモルファスシリコン膜に対してレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜を評価することを特徴とする請求項 1 記載のポリシリコン評価方法。

【請求項 3】 アモルファスシリコン膜に対して照射面が線状とされたレーザビームによるレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜を評価することを特徴とする請求項 2 記載のポリシリコン評価方法。

【請求項 4】 アモルファスシリコン膜に対してエキシマレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜を評価することを特徴とする請求項 3 記載のポリシリコン評価方法。

【請求項 5】 上記ポリシリコン膜の膜表面の画像を撮像し、この画像の自己相関性から膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項 1 記載のポリシリコン評価方法。

【請求項 6】 紫外線レーザを上記ポリシリコン膜に照射してこのポリシリコン膜の画像を撮像し、撮像したこのポリシリコン膜の表面画像の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項 1 記載のポリシリコン評価方法。

【請求項 7】 アモルファスシリコン膜をアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を検査する検査装置において、上記ポリシリコン膜の表面の空間構造を観察する観察手段と、

上記観察手段により観察された上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき、上記ポリシリコン膜の状態を検査する検査手段とを備えることを特徴とするポリシリコン検査装置。

【請求項 8】 上記検査手段は、アモルファスシリコン膜に対してレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜に対して、膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項 7 記載のポリシリコン検査装置。

【請求項 9】 上記検査手段は、アモルファスシリコン膜に対して照射面が線状とされたレーザビームによるレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜に対して、膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項 8 記載のポ

リシリコン検査装置。

【請求項 10】 上記検査手段は、上記アモルファスシリコン膜に対してエキシマレーザアニール処理を行うことによって形成されたポリシリコン膜を評価することを特徴とする請求項 9 記載のポリシリコン検査装置。

【請求項 11】 上記観察手段は、上記ポリシリコン膜の膜表面の画像を撮像し、

上記検査手段は、上記観察手段が撮像した上記ポリシリコン膜の膜表面の画像の自己相関性から膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項 7 記載のポリシリコン検査装置。

【請求項 12】 上記観察手段は、紫外線レーザを上記ポリシリコン膜に照射して、該ポリシリコン膜の表面画像を観察することを特徴とする請求項 7 記載のポリシリコン検査装置。

【請求項 13】 薄膜トランジスタを製造する薄膜トランジスタ製造方法において、

アモルファスシリコン膜を成膜するアモルファスシリコン成膜工程と、

成膜した上記アモルファスシリコン膜に対してアニール処理を行ってポリシリコン膜を形成するポリシリコン膜形成工程と、

形成した上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき上記ポリシリコン膜の状態を評価する評価工程とを有することを特徴とする薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項 14】 上記ポリシリコン膜形成工程では、アモルファスシリコン膜に対してレーザアニール処理を行って、ポリシリコン膜を形成することを特徴とする請求項 13 記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項 15】 上記ポリシリコン膜形成工程では、アモルファスシリコン膜に対して照射面が線状とされたレーザビームによるレーザアニール処理を行って、ポリシリコン膜を形成することを特徴とする請求項 14 記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項 16】 上記ポリシリコン膜形成工程では、アモルファスシリコン膜に対してエキシマレーザアニール処理を行ってポリシリコン膜を形成することを特徴とする請求項 15 記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項 17】 上記評価工程では、形成した上記ポリシリコン膜の表面画像を撮像し、この表面画像の自己相関性を求めて、膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することを特徴とする請求項 13 記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項 18】 上記評価工程では、紫外線レーザを上記ポリシリコン膜に照射して、上記ポリシリコン膜の表面画像を撮像して、撮像した表面画像に基づき評価することを特徴とする請求項 13 記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【請求項19】 上記ポリシリコン膜形成工程では、上記評価工程で評価した結果に応じて、アニール処理における上記アモルファスシリコン膜に与えるエネルギーを制御することを特徴とする請求項13記載の薄膜トランジスタ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、アモルファスシリコンに対してアニール処理をして生成したポリシリコン膜の状態を評価するポリシリコン評価方法、アモルファスシリコンに対してアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を検査する検査装置、並びに、アモルファスシリコンに対してアニール処理をして生成したポリシリコン膜を有する薄膜トランジスタ製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、チャネル層にポリシリコン膜を用いた薄膜トランジスタの実用化が進められている。チャネル層にポリシリコンを用いた場合、薄膜トランジスタの電界移動度が非常に高くなるため、例えば液晶ディスプレイ等の駆動回路として用いた場合には、ディスプレイの高精彩化、高速化、小型化等を実現することができるようになる。

【0003】 また、エキシマレーザアニール装置を用いてアモルファスシリコンを熱処理してポリシリコン膜を形成する、いわゆる低温多結晶化プロセスも近年開発が進んでいる。このような低温多結晶プロセスを薄膜トランジスタの製造プロセスに適用することによって、ガラス基板への熱損傷が低くなり、耐熱性の大面積で安価なガラス基板を用いることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、低温多結晶プロセスにおいて用いられるエキシマレーザアニール装置は、その出力パワーが不安定であるため、形成されるポリシリコンのグレーンサイズが大きく変動する。そのため、エキシマレーザアニール装置を用いて形成されたポリシリコン膜は、常に良好なグレーンサイズとはならず、例えば、シリコン結晶が微結晶化してしまういわゆる線状不良となったり、十分大きなグレーンサイズが得られないいわゆる書き込み不良となったりしてしまうという問題点があった。

【0005】 そこで、一般に、このようなエキシマレーザアニール装置を用いてアニール処理を行う場合には、ポリシリコン膜の多結晶化工程が終了した段階で、その最表面に形成されているポリシリコン膜の結晶の状態を全数検査したり、或いは、製品を無作為に抜き取り結晶の状態を検査したりして、製造した製品がこの段階で不良品であるか否かを判断することが行われる。また、エキシマレーザアニール装置へポリシリコン膜へ与えられたエネルギー情報を、エキシマレーザアニール装置にフ

ィードバックして最適なレーザパワーの設定が行われる。

【0006】 しかしながら、ポリシリコン膜を評価するには、分光エリプソや走査型電子顕微鏡等を用いて表面画像を撮像し、その表面画像を目視して結晶の状態を判断するといった感覚的な方法しかなく、非接触で客観的に判断することができなかった。また、このような方法は、時間的、コスト的に非効率であり、インプロセスで用いることは困難であった。

【0007】 本発明は、このような実情を鑑みてされたものであり、形成したポリシリコン膜の状態を、客観的に、非接触で、精度良く、自動的に評価を行うことを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明者は、上記目的を達成すべく鋭意検討を重ねた結果、アモルファスシリコン膜に対してアニール処理を行いポリシリコン膜を形成したときに、このアニール処理時においてアモルファスシリコンに与えるエネルギーに応じて、形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造に直線性及び／又は周期性が現れることを見いだし、この表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価することが、ポリシリコン膜の評価において有効であるものと見いだすに至った。

【0009】 また、本発明者は、アニール処理をすることによって現れたポリシリコン膜の膜表面の直線性及び／又は周期性が、ある一定のエネルギーを与えたときに最大となることを見いだした。このことから、ポリシリコン膜の表面の空間構造の直線性及び／又は周期性が最大となるエネルギーに基づき、アモルファスシリコン膜に対して与えるエネルギーを調整や制御することが、形成するポリシリコン膜の特性を良好なものとするのに有効であるものと見いだすに至った。

【0010】 具体的には、本発明者は、基板上に形成した薄膜トランジスタのチャネルであるポリシリコンを形成したときに、このポリシリコンの膜表面の空間構造に直線性及び／又は周期性が現れることを見いだした。

【0011】 例えば、チャネルがポリシリコンで形成された薄膜トランジスタをガラス基板上に形成する場合、アモルファスシリコンを成膜し、成膜したアモルファスシリコンに対して照射面が線状とされたエキシマレーザを用いてレーザアニール処理を行うことにより、ポリシリコン膜が形成される。ここで、エキシマレーザによるレーザアニール処理は、線状とされた照射面の長手方向に直交する方向にレーザビームを移動しながら、ガラス基板全面に対して熱エネルギーを与えていく。

【0012】 本発明者は、このようにエキシマレーザアニール処理により形成されたポリシリコン膜が、その表面に凹凸が形成された状態となり、さらに、その凹凸がレーザビームの移動方向に平行な方向に直線的に形成されているを見いだした。また、本発明者は、ポリシリ

リコン膜の表面に形成された凹凸形状が、レーザビームの移動方向に直交する方向に、周期的になっていることを見いたしました。

【0013】そして、本発明者は、形成されたポリシリコン膜が薄膜トランジスタとして使用可能であるかどうかを評価するために、これらの直線性及び／又は周期性を評価することが有効であるものと見いだすに至った。また、本発明者は、これらの直線性及び／又は周期性を評価した結果が、エキシマレーザのエネルギーの調整や制御に用いることが有効であるものと見いだすに至った。

【0014】以下の本発明にかかるポリシリコン評価方法、ポリシリコン検査装置及び薄膜トランジスタ製造方法は、以上のような知見に基づいて創案されたものである。

【0015】本発明にかかるポリシリコン評価方法は、アモルファスシリコン膜をアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を評価する評価方法において、上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき上記ポリシリコン膜の状態を評価することを特徴とする。

【0016】このポリシリコン評価方法では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0017】また、本発明にかかるポリシリコン検査装置は、アモルファスシリコン膜をアニール処理することによって形成されたポリシリコン膜を検査する検査装置において、上記ポリシリコン膜の表面の空間構造を観察する観察手段と、上記観察手段により観察された上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき、上記ポリシリコン膜の状態を検査する検査手段とを備えることを特徴とする。

【0018】このポリシリコン検査装置では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0019】また、本発明にかかる薄膜トランジスタ製造方法は、薄膜トランジスタを製造する薄膜トランジスタ製造方法において、アモルファスシリコン膜を成膜するアモルファスシリコン成膜工程と、成膜した上記アモルファスシリコン膜に対してアニール処理を行ってポリシリコン膜を形成するポリシリコン膜形成工程と、形成した上記ポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価し、この直線性及び／又は周期性の評価結果に基づき上記ポリシリコン膜の状態を評価する評価工程とを有することを特徴とする。

【0020】この薄膜トランジスタ製造方法では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態として、本発明を適用したポリシリコン膜の評価装置について説明する。

【0022】本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置は、例えば、ボトムゲート構造を有する薄膜トランジスタ（ボトムゲート型TFT）の製造工程中に形成されるポリシリコン膜の検査に用いられる。ボトムゲート型TFTは、例えばガラス基板上に、ゲート電極、ゲート絶縁膜、ポリシリコン膜（チャネル層）が下層から順に積層された構成とされた薄膜トランジスタである。すなわち、ボトムゲート型TFTは、チャネル層となるポリシリコン膜とガラス基板との間に、ゲート電極が形成されている構成のTFTである。

【0023】ボトムゲート型TFTの構造

まず、このようなボトムゲート型TFTの具体的な構成例について図1を用いて説明する。

【0024】ボトムゲート型TFT1は、図1に示すように、ガラス基板2上に、ゲート電極3、第1のゲート絶縁膜4、第2のゲート絶縁膜5、ポリシリコン膜6、ストップ7、第1の層間絶縁膜8、第2の層間絶縁膜9、配線10、平坦化膜11、透明導電膜12が積層されて構成されている。

【0025】ゲート電極3は、ガラス基板2上に50～300nmのモリブデン（Mo）が成膜された後、異方性エッチングによりパターニングされて形成されている。

【0026】第1のゲート絶縁膜4は、例えば膜厚が50nmの窒化シリコン（SiN_x）からなり、窒化シリコン（SiN_x）が、このゲート電極3が形成されたガラス基板2上に積層されて形成されている。

【0027】第2のゲート絶縁膜5は、例えば膜厚が120nmの二酸化シリコン（SiO₂）からなり、この二酸化シリコン（SiO₂）が、第1のゲート絶縁膜5上に積層されて形成されている。

【0028】ポリシリコン膜6は、例えば膜厚が40nmのポリシリコン（p-Si）からなる。このポリシリコン膜6は、第2のゲート絶縁膜5上に積層されて形成されている。このポリシリコン膜6は、当該ボトムゲート型TFT1のチャネル層として機能する。このポリシリコン膜6は、例えば、LPCVD法等によって40nmのアモルファスシリコン（a-Si）が成膜された後、このアモルファスシリコンに対してアニール処理を行うことにより多結晶化され形成される。ポリシリコン膜6の多結晶化工程においては、紫外線レーザであるエキシマレーザを用いたレーザアニール処理が用いられる。このエキシマレーザアニール処理は、その照射面が線状とされたパルスのレーザビームを出射し、パルスビームの照射領域を移動させながら、アモルファスシリコンをポリシリコンに多結晶化させるものである。レーザ

ビームは、その照射面の形状が、例えば長手方向の長さが 20 cm、短辺方向の長さが 400 μ m とされ、パルスの周波数が 300 Hz とされている。エキシマレーザアニール処理を行う際のレーザビームの走査方向は、線状レーザの照射面の長手方向と直交する方向（すなわち、短辺方向）に行われる。

【0029】そして、このポリシリコン膜 6 は、エキシマレーザアニールによって多結晶化されたのち、ソース／ドレイン領域を形成するために、不純物がイオンドーピングされる。このイオンドーピングは、ゲート電極 3 上の部分のポリシリコン膜 6 に不純物が注入されないように、このゲート電極 3 に対応する位置にストップ 7 が形成された後に行われる。このストップ 7 は、例えば膜厚 200 nm の二酸化シリコン (SiO₂) からなり、ゲート電極 3 を形成したときに用いたマスク等を用いて形成されている。

【0030】第 1 の層間絶縁膜 8 は、例えば膜厚が 300 nm の窒化シリコン (SiN_x) からなり、この窒化シリコン (SiN_x) が、ポリシリコン膜 6 上に積層されて形成されている。

【0031】第 2 の層間絶縁膜 9 は、例えば膜厚が 150 nm の二酸化シリコン (SiO₂) からなり、この二酸化シリコン (SiO₂) が、第 1 の層間絶縁膜 8 上に積層されて形成されている。

【0032】配線 10 は、ポリシリコン膜 6 のソース／ドレイン領域を接続するためのコンタクトホールが、第 1 の層間絶縁膜 8 及び第 2 の層間絶縁膜 9 のソース／ドレイン領域に対応する位置に開口された後、アルミニウム (Al) 及びチタン (Ti) を成膜し、エッチングによってパターニングして形成されている。この配線 10 は、ポリシリコン膜 6 上に形成された各トランジスタのソース／ドレイン領域を接続して、基板上の所定の回路パターンを形成する。

【0033】平坦化膜 (HRC) 11 は、当該ボトムゲート型 TFT 1 の表面を平坦化するための膜で、配線 10 が形成されたのち成膜され、その膜厚が 2～3 μ m とされている。

【0034】透明導電膜 12 は、例えば、ITO 等からなる透明導電材料からなり、配線 10 と当該ボトムゲート型 TFT 1 の外部に存在する外部素子や外部配線とを接続するための導電線である。この透明導電膜 12 は、コンタクトホールが平坦化膜 11 に開口された後に、平坦化膜 11 上に形成される。

【0035】以上のようなボトムゲート型 TFT 1 では、チャネル層にポリシリコンを用いているため、チャネル層の電界移動度が非常に高くなる。そのため、例えば液晶ディスプレイ等の駆動回路として用いた場合には、ディスプレイの高精細化、高速化、小型化等を実現することができる。また、以上のようなボトムゲート型 TFT 1 では、エキシマレーザアニールを用いてアモル

ファスシリコンを熱処理することによってポリシリコン膜 6 を形成する、いわゆる低温多結晶化プロセスが用いられている。そのため、多結晶化プロセスでのガラス基板 2 への熱損傷が少くなり、耐熱性の大面積で安価なガラス基板を用いることが可能となる。

【0036】ポリシリコン膜の検査の必要性

ところで、ポリシリコン膜 6 の電界移動度を決定する重要な要素は、ポリシリコンのグレーンサイズであるといわれている。そのグレーンサイズは、エキシマレーザアニール処理時においてポリシリコン膜 6 に与えられるエネルギーに大きく依存する。そのため、エキシマレーザアニール処理時におけるレーザパワーの制御やその安定化が、完成したボトムゲート型 TFT 1 の特性や歩留まりに大きく影響することとなる。

【0037】しかしながら、エキシマレーザアニール処理において用いられるエキシマレーザアニール装置は、出射するレーザパワーの出力変動が比較的大きい。そのため、エキシマレーザアニール装置を用いてエキシマレーザアニールを行った場合、良好なグレーンサイズを得られるエネルギーの許容範囲（ポリシリコン膜 6 の製造マージン）に対して、ポリシリコン膜 6 に与えるエネルギーの変動が大きくなってしまい、ポリシリコン膜 6 を安定的に製造することが難しい。

【0038】したがって、同一の条件でエキシマレーザアニールを行った場合でも、ポリシリコン膜 6 のグレーンサイズが大きく変動し、例えばレーザパワーが大きくなりすぎた場合には、シリコン結晶が微結晶化してしまいわゆる線状不良となり、また、レーザパワーが小さく成りすぎた場合には、十分大きなグレーンサイズが得られないわゆる書き込み不良となってしまう。

【0039】さらに、ボトムゲート型 TFT では、ゲート電極 3 がポリシリコン膜 6 の下層に位置しているので、レーザアニールを行った場合における熱の逃げが、ガラス基板 2 上（ソース／ドレイン領域上）のポリシリコン膜 6 よりも、ゲート電極 3 上のポリシリコン膜 6 の方が高くなる。そのため、エキシマレーザアニール装置から与えられるレーザパワーが同一であっても、ゲート電極 3 上のポリシリコン膜 6 と、ガラス基板 2 上（ソース／ドレイン領域上）のポリシリコン膜 6 とで、昇温温度が異なることとなり、その影響からグレーンサイズが双方で異なってしまう。具体的には、レーザパワーが同一であった場合には、ポリシリコン膜 6 上に形成されるグレーンサイズは、ガラス基板 2 上（ソース／ドレイン領域上）よりもゲート電極 3 上の方が小さくなってしまう。

【0040】そのため、ボトムゲート型 TFT では、ゲート電極 3 上のポリシリコン膜 6 及びガラス基板 2 上のポリシリコン膜 6 の双方がともに良好なグレーンサイズが得られるエネルギーを、エキシマレーザにより与えなければならないため、ポリシリコン膜 6 の製造マージン

が非常に狭くなってしまう。

【0041】しかしながら、上述したようにエキシマレーザアニール処理において用いられるエキシマレーザアニール装置は、出射するレーザパワーの出力変動が比較的大きい。したがって、ゲート電極3上のポリシリコン膜6及びガラス基板2上のポリシリコン膜6の双方がともに良好なグレーンサイズを得るように、そのレーザパワーを制御することは難しい。

【0042】そこで、一般に、このようなエキシマレーザアニール装置を用いてアニール処理を行う場合には、例えば、図2に示すようなポリシリコン膜6の多結晶化工程が終了した段階で、その最表面に形成されているポリシリコン膜6の結晶の状態を全数検査したり、或いは、製品を無作為に抜き取り結晶の状態を検査したりして、製造した製品がこの段階で不良品であるか否かを判断したり、また、エキシマレーザアニール装置へポリシリコン膜6へ与えられたエネルギー情報をフィードバックしてレーザパワーの設定が行われる。

【0043】本発明の実施の形態のポリシリコン膜評価装置は、このようなポリシリコン膜6の多結晶化工程が終了した段階で、形成したポリシリコン膜6の評価を行い、製造した製品がこの段階で不良品であるか否かを判断したり、また、エキシマレーザアニール装置へ情報をフィードバックしてレーザエネルギーの設定を行うのに用いるものである。

【0044】ポリシリコン膜の評価原理と評価手法

(1) まず、上述したエキシマレーザアニールにより形成されたポリシリコン膜の評価原理について説明する。

【0045】上述したように製造した薄膜トランジスタの移動度は、ポリシリコンのグレーンサイズが大きく影響する。充分な移動度を得るためにには、ポリシリコンのグレーンサイズは、大きい方が望ましい。

【0046】ポリシリコン膜のグレーンサイズは、エキシマレーザアニールで与えられたエネルギーに大きく依存する。ポリシリコン膜のグレーンサイズは、図3に示すように、与えられたエネルギーが増大するとそれに伴い増大するが、ある所定のエネルギー（図中Lの位置：このときのエネルギーを許容最低エネルギーLとする。）以上となると変化が少なくなり、安定化する。さらにエネルギーを増大させていくと、グレーンサイズの変化が大きくなり、そして、ある閾値（図中Hの位置）を境としてポリシリコンが微結晶粒となってしまう（このときのエネルギーを許容最高エネルギーHとする）。

【0047】したがって、通常、エキシマレーザアニールを行う場合には、図3で示したグレーンサイズが安定化し始めた許容最低エネルギーLから、微結晶粒となる直前までの許容最高エネルギーHの範囲となるように、照射するレーザパワーを制御することによって、充分な大きさのグレーンサイズを得るようにする。そして、こ

のような範囲のエネルギーを与えるレーザパワーのレーザ光をアモルファスシリコン膜に照射することによって、完成した薄膜トランジスタの移動度を十分大きくすることができる。

【0048】(2) 次に、レーザパワーを最適値としてエキシマレーザアニールを行ったときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも少ないパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも大きいパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像とを比較する。図4に、それぞれの場合の画像を示す。図4 (A) が最適値よりも少ないレーザパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像を示す図で、図4 (B) が最適値のレーザパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像を示す図で、図4 (C) が最適値よりも大きいレーザパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像を示す図である。なお、この図4に示す各画像は、紫外線光を用いた顕微鏡装置により撮像した画像であるが、この顕微鏡装置についての詳細は後述する。

【0049】図4において、エキシマレーザアニールのレーザの走査方向は、図中X方向となっている。なお、アモルファスシリコン膜には、上述したように、照射面が線状とされたレーザビームが照射され、その走査方向は、レーザビームの照射面形状の長手方向に直交する方向である。

【0050】ここで、エキシマレーザアニール時におけるレーザパワーを最適値としたときのこの図4 (B) の画像と、図4 (A) 及び図4 (C) に示すそれ以外の画像とを比較すると、以下のような特徴が現れている。

【0051】まず、レーザパワーを最適値としたときのポリシリコン膜の表面画像（図4 (B)）は、レーザパワーが最適とされていないポリシリコン膜の表面画像（図4 (A) 及び図4 (C)）と比較して、直線性が現れた画像となっている。具体的には、レーザの走査方向（図4中X方向）に対して、直線性が現れた画像となっている。すなわち、レーザパワーを最適値としたときのポリシリコン膜の表面は、その空間構造に直線性が現れる規則的な形状となる特徴がある。

【0052】また、レーザパワーを最適値としたときのポリシリコン膜の表面画像（図4 (B)）は、レーザパワーが最適とされていないポリシリコン膜の表面画像（図4 (A) 及び図4 (C)）と比較して、周期性が現れた画像となっている。具体的には、レーザの走査方向と直交する方向（図4中Y方向）に、周期性が現れた画像となっている。すなわち、レーザパワーを最適値としたときのポリシリコン膜の表面は、その空間構造に周期性が現れる規則的な形状となる特徴がある。

【0053】したがって、本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置では、以上のような特徴を利用して、ポリシリコン膜の状態を検査する。すなわち、本発

明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置では、エキシマレーザアニールを行った後のポリシリコン膜の表面画像を数値解析して、ポリシリコン膜の表面空間構造に直線性が現れているか、或いは、ポリシリコン膜の表面空間構造に周期性が現れているか、或いは、ポリシリコン膜の表面空間構造に直線性及び周期性が現れているかを評価して、ボトムゲート型TFTのポリシリコン膜の状態を検査する。

【0054】(3) 次に、ポリシリコン膜の撮像画像に直線性、周期性、直線性及び周期性がある場合の数値化の手法の一例について説明する。

【0055】例えば、直線性および周期性があるポリシリコン膜の撮像画像を模式的に表すと、多数の直線が平行に並び、その間隔が一定間隔となっているように表される。これに対し、直線性も周期性もないポリシリコン膜の撮像画像を模式的に表すと、不規則な短い直線等が不規則に現れるように表される。これらの画像から、直線性及び周期性がどれだけあるか数値化して評価する場合には、周期性があるであろう方向と垂直な方向に画像を横ずらしし、横ずらしをしたときの画像の相関性を数値に表して評価すればよい。例えば、直線性及び周期性がある画像を横ずらしすると、ある一定の周期、つまりある一定の横ずらし量毎に、画像の重なり具合が多い相関性の高い画像が現れる。それに対し、直線性も周期性も無い画像は、横ずらしをしたとしても画像の重なりある具合が多い相関性の高い画像が、一定の周期毎に現れない。

【0056】以上のような画像を横ずらしをしたときの画像の相関性を数値化するといった概念を用いることにより、ポリシリコン膜の周期性を数値化し評価することが可能となる。具体的にこのような手法を実現する一つの方法としては、画像の自己相関関数を求め、この自己相関関数のピーク値及びサイドピーク値を算出し、これらの比をとる方法がある。ここで、ピーク値とは、原点の値から原点よりy方向の2番目の極小値(デフォーカスの値を小さくするために使用している。1番目や2番目以降であってもよい)を引いた値をいうものとする。また、サイドピーク値とは、原点よりy方向の2番目(原点を含めない)の極大値から原点よりy方向の2番目の極小値を引いた値等をいうものとする。

【0057】なお、本発明は、直線性又は周期性のいずれか一方のみを評価し、ポリシリコン膜の状態を判断することも可能である。

【0058】また、ポリシリコン膜の撮像画像に直線性、周期性、直線性及び周期性がある場合の数値化の手法の他の例としては、例えば、規格化された画像を直線性のそろった方向に、全ての画素の値を足し合わせてその変調度をとる手法がある。また、規格化された画像を、2次元フーリエ変換し、ある周波数成分の強度をとる手法がある。また、画像(例えば、y方向に直線性を

有するであろう画像)の内の極値(極小値又は極大値)の座標を抽出し、y方向に縦長な範囲内(x方向の中心を極値×座標の平均値にとり、x方向の長さをx方向の配列のピッチとする)の座標に関して、x方向の分散をとる手法がある。また、画像(例えば、y方向に直線性を有するであろう画像)の内の極値(極小値又は極大値)の座標を抽出し、y方向に縦長な範囲内(x方向の中心を極値×座標の平均値にとり、x方向の長さをx方向の配列のピッチとする)の座標に関して、各点の上下近傍の点との角度を取る手法がある。

【0059】ポリシリコン膜の評価装置の具体的な構成とその処理内容

(1) 次に、以上のようなポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び周期性を評価するための本発明の実施の形態のポリシリコン膜評価装置の具体的な構成例について説明する。

【0060】本発明の実施の形態のポリシリコン膜評価装置は、波長266nmの紫外光レーザを用いた顕微鏡装置によってボトムゲート型TFTの製造基板(アモルファスシリコン膜にエキシマレーザアニールを行うことによってポリシリコン膜が形成された直後の状態の基板)を撮像し、撮像した画像から形成されたポリシリコン膜の状態を評価する装置である。

【0061】本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置の構成図を図5に示す。

【0062】図5に示すポリシリコン膜評価装置20は、可動ステージ21と、紫外線固体レーザ光源22と、CCDカメラ23と、光ファイバープローブ24と、ビームスプリッタ25と、対物レンズ26と、制御用コンピュータ27と、画像処理用コンピュータ28とを備えて構成される。

【0063】可動ステージ21は、被検査物となるポリシリコン膜が成膜された基板1を支持するためのステージである。この可動ステージ21は、被検査物となる基板1を支持するとともに、この基板1を所定の検査対象位置へと移動させる機能も備えている。

【0064】具体的には、可動ステージ21は、Xステージ、Yステージ、Zステージ、吸着プレート等を備えて構成される。

【0065】Xステージ及びYステージは、水平方向に移動するステージであり、XステージとYステージとで、被検査物となる基板1を互いに直交する方向に移動させ、検査対象となる基板1を所定の検査位置へと導くようにしている。Zステージは、鉛直方向に移動するステージであり、ステージの高さを調整するためのものである。吸着プレートは、検査対象となる基板1を吸着して固定するためのものである。

【0066】紫外線固体レーザ光源22は、波長266nmの紫外光レーザ光源であり、例えば、Nd:YAG4倍波全固体レーザが用いられる。なお、この紫外線レ

ーザ光源としては、近年、波長166nm程度のものも開発されており、このようなものを光源として用いても良い。

【0067】CCDカメラ23は、紫外光に対して高感度化されたカメラであり、内部に撮像素子としてCCDイメージセンサを備え、このCCDイメージセンサにより基板1の表面を撮像する。このCCDカメラ23は、本体を冷却することにより、CCDイメージセンサ等で発生する熱雑音、読み出し雑音、回路雑音等を抑圧している。

【0068】光ファイバープローブ24は、紫外線レーザ光の導波路であり、紫外線固体レーザ光源22から出射された紫外光レーザを、ビームスプリッタ25に導いている。

【0069】ビームスプリッタ25は、紫外線固体レーザ光源22からの紫外線レーザ光を反射して、対物レンズ26を介して可動ステージ21上の基板1に照射し、それとともに、基板1から反射された反射光を透過して、高感度低雑音カメラ3に照射する。すなわち、ビームスプリッタ25は、紫外線固体レーザ光源22等の出射光の光学系の光路と、CCDカメラ23への反射光の光学系の光路とを分離するためのレーザ光分離器である。

【0070】対物レンズ26は、基板1からの反射光を拡大して検出するための光学素子である。この対物レンズ26は、例えば、NAが0.9で、波長266nmで収差補正がされたものである。この対物レンズ26は、ビームスプリッタ25と可動ステージ21との間に配置される。

【0071】制御用コンピュータ27は、紫外線固体レーザ光源22のレーザ光の点灯の制御、可動ステージ21の移動位置の制御、対物レンズ26の切換制御等を行う。

【0072】画像処理用コンピュータ28は、CCDカメラ23に備えられるCCDイメージセンサにより撮像した基板1の画像を取り込み、その画像を解析し、基板1上に形成されているポリシリコン膜の状態の評価を行う。

【0073】以上のような構成の評価装置20では、紫外線固体レーザ光源22から出射された紫外光レーザ

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f(x) f(x + \tau) dx$$

【0079】この自己相関関数R(τ)は、ある関数f(x)をτだけx方向に平行移動させたときの自己相関を示す関数である。

【0080】このポリシリコン膜評価装置20では、以下のようなウィンナーヒンチンの定理を用いて、ポリシリコン膜の表面画像の自己相関関数を求めている。なお、ここでは、具体的に取り込んだ画像情報を“i”としている。

が、光ファイバープローブ24、ビームスプリッタ25、対物レンズ26を介して、基板1に照射される。基板1に照射された紫外光レーザ光は、この基板1の表面で反射される。その反射光は、対物レンズ26、ビームスプリッタ25を介して、CCDカメラ23に入射する。そして、CCDカメラ23は、その入射した反射光をCCDイメージセンサにより撮像し、撮像して得られたポリシリコン膜の表面画像情報を画像処理用コンピュータ28に供給する。

【0074】そして、この画像処理用コンピュータ28が、以下説明するように、取り込まれたポリシリコン膜の表面画像の情報に基づき、そのポリシリコン膜の状態を評価する。そして、その評価結果に基づき、ポリシリコン膜を生成するためのエキシマレーザアニール時におけるレーザパワーの設定値を求めたり、また、その基板1上に形成されたポリシリコン膜が良品であるか或いは不良品であるかの判別を行う。

【0075】(2) 次に、上記画像処理用コンピュータ28のポリシリコン膜の状態の評価手順について説明する。この画像処理用コンピュータ28は、ポリシリコン膜の表面画像から自己相関を用いて周期性を数値化した値(以後AC値とする。)を求め、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び周期性を評価して、ポリシリコン膜の状態の評価を行う。

【0076】評価の処理手順は、図6のフローチャートに示すように、まず、ポリシリコン膜の表面の画像取り込み処理を行う。(ステップS1)。続いて、取り込んだ画像から自己相関関数の計算を行う(ステップS2)。続いて、画像座標上の(0,0)を含む整列方向と垂直な面の切り出しを行う(ステップS3)。続いて、切り出した面における自己相関関数のピーク値とサイドピーク値とを算出し、このピーク値とサイドピーク値との比をとって、AC値を求める(ステップS4)。続いて、このAC値に基づき、ポリシリコン膜の評価を行う(ステップS5)。

【0077】ここで、自己相関関数は、以下の式に示すような関数となる。

【0078】

【数1】

【0081】① 取り込み画像“i”的2次元フーリエ変換する。

: f = fourier(i)

② フーリエ級数“f”を二乗してパワースペクトル“p s”を生成する。

: p s = |f|^2

③ パワースペクトル“p s”を逆フーリエ変換して2次元の自己相関画像“a c”を生成する。

```
: a c = i n v e r s f o u r i e r ( p s )
```

④ 自己相関画像 “a c” の絶対値をとり、自己相関関数の実数 “a c a” を求める。

```
: a c a = | a c |
```

【0082】このように生成された自己相関画像 “a c a” を画面上に表示すると、図7及び図8に示すような画像となる。図7は、自己相関が高い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が良いものの自己相関画像である。それに対して、図8は、自己相関が低い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が悪いものの自己相関画像である。

【0083】また、このような評価の手順に代えて以下のような評価を行ってもよい。

【0084】この評価の処理手順は、図9のフローチャートに示すように、まず、ポリシリコン膜の表面の画像取り込み処理を行う（ステップS11）。続いて、レーザビームの進行方向（直線性がある方向：x方向）と垂直な方向（周期性がある方向：y方向）の取り込み画像の1ライン分を切り出す（ステップS12）。続いて、この1ラインに関して自己相関関数の計算を行う（ステップS13）。続いて、必要に応じて、これらの作業を数回繰り返し、各ラインで求められるAC値の平均化を行う（ステップS14）。

【0085】この場合における自己相関関数は、ウィンナーヒンチンの定理を用いて、以下のように求められる。なお、ここでは、具体的に取り込んだ1ライン分の画像情報を “1” としている。

【0086】① 取り込み画像の1ライン “1” に関してのフーリエ変換をする。

```
: f l = f o u r i e r ( 1 )
```

② フーリエ級数 “f l” を二乗してパワースペクトル “p s l” を生成する。

```
: p s l = | f l |2
```

③ パワースペクトル “p s l” を逆フーリエ変換して2次元の自己相関画像 “a c l” を生成する。

```
: a c l = i n v e r s f o u r i e r ( p s l )
```

④ 自己相関画像 “a c l” の絶対値をとり、自己相関関数の実数 “a c a l” を求める。

```
: a c a l = | a c l |
```

【0087】このように生成された自己相関関数 a c a l をグラフ上に表すと、図10及び図11に示すような画像となる。図10は、自己相関が高い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が良いものの自己相関画像である。それに対して、図11は、自己相関が低い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が悪いものの自己相関画像である。

【0088】ポリシリコン膜評価装置20は、このようなウィンナーヒンチンの定理を用いて計算した自己相関画像から、さらに、整列方向（即ち、直線性を有する方

向）と垂直で、画面上の座標（0, 0）を含む面を切り出して、その切り出したときに得られる関数を求める。

ここで、画面上の座標（0, 0）を含む面を切り出すのは、このあとで、照明光量やCCDゲイン等の実験パラメータによって変化する自己相関関数からの値を規格化するために行っている。

【0089】このように切り出したときに得られる関数が、上述した自己相関関数 R (τ) に対応する関数となる。

【0090】ポリシリコン膜評価装置20は、続いて、この得られた関数から、極大ピーク値と、サイドピーク値とを求める。そして、サイドピーク値に対する極大ピーク値の比を求め、この値をAC値とする。

【0091】したがって、AC値は、自己相関が高い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が良い場合は、極大ピーク値とサイドピーク値との差が大きくなり、その値が大きくなる。それに対して、自己相関が低い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が悪い場合は、極大ピーク値とサイドピーク値との差が小さくなり、その値が小さくなる。

【0092】以上のように、ボトムゲート型TFT1では、ポリシリコン膜の表面画像を撮像して、その撮像画像の自己相関関数を求め、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び周期性を数値化している。

【0093】具体的に、その撮像画像の一例に対するAC値を示すと、図12に示すようになる。

【0094】(3) 次に、上述したように演算した結果得られるAC値と、ポリシリコン膜のグレーンサイズ及びポリシリコン膜に与えられるエネルギーとの関係を説明する。

【0095】AC値は、図13に示すように、エキシマレーザアーニールによりポリシリコン膜に与えられるエネルギーが、あるエネルギー E_{B1} となったときからその値が比例的に上昇し、あるエネルギー E_{T} でその値が最大となる。そして、AC値は、この最大となるエネルギー E_{T} でピーク値を迎え、その後その値が比例的に減少し、あるエネルギー E_{B2} でその減少が終了し、その値が最小値となる。このようにAC値は、与えられるエネルギーに対してピーク特性を有している。

【0096】このようなAC値のピーク特性を、図3で示したポリシリコン膜のグレーンサイズの変化の特性に重ね合わせてみると、図14に示すようになる。この図14に示すように、AC値のピーク特性を示すグラフの最大値が、ポリシリコン膜のグレーンサイズが適正となるエネルギー範囲内に入ることが分かる。さらに、AC値が比例的に上昇を開始するエネルギー E_{B1} が、ポリシリコン膜に与えてグレーンサイズが適正となる許容最低エネルギーよりも低くなる。また、AC値の比例的な減少が停止して最低値となつたときのエネルギー E

⁸²が、ポリシリコン膜の結晶粒径が微結晶化する閾値のエネルギーである許容最大エネルギーHと一致する。

【0097】したがって、このようなピーク特性を有するAC値からポリシリコン膜のグレーンサイズが良好なものであるかどうかを評価する場合には、AC値が図14中太線で示した範囲の値に入っているかどうかを判断すればよいこととなる。

【0098】(4) このような特性を有するAC値を評価して、ポリシリコン膜が良品であるか否かの検査を行う場合には、例えば、検査対象となる基板のAC値が、許容最低エネルギーLを与えたときに求められるAC_Lを閾値として、この閾値よりも大きければ良品であると判断することにより検査が可能である。また、検査した基板のAC値が、この閾値AC_Lよりも低い場合であっても、なんらかの特性を観察することにより、AC値が最大となるエネルギーE_Tよりも高いエネルギーを与えていることが分かれば、良品であると判断が可能である。

【0099】また、このような特性を有するAC値を評価して、エキシマレーザアニール装置から出射されるレーザパワーを最適に設定する場合には、例えば、エキシマレーザのレーザパワーを変動させながら、複数個の基板に対してレーザアニール処理を行う。そして、各レーザパワーに対応させたAC値の特性図を描き、具体的には、図13に示すような特性図を描き、この特性図から最適なレーザパワーを求めればよい。

【0100】(5) ところで、上述したようにボトムゲート型TFTでは、ゲート電極3がポリシリコン膜6の下層に位置しているので、レーザアニールを行った場合におけるエネルギーの拡散性が、ガラス基板2上(ソース/ドレイン領域上)のポリシリコン膜6よりも、ゲート電極3上のポリシリコン膜6の方が高くなる。そのため、エキシマレーザアニール装置から与えられるレーザパワーが同一であっても、ゲート電極3上のポリシリコン膜6と、ガラス基板2上(ソース/ドレイン領域上)のポリシリコン膜6とで、与えられるエネルギーが異なることとなり、その影響からグレーンサイズが双方で異なってしまう。

【0101】一般に、エキシマレーザアニール装置によりレーザアニールを行った場合、ゲート電極上に位置するポリシリコン膜と、ガラス基板上(ソース/ドレイン領域上)に位置するポリシリコン膜とで、レーザパワーを変化させるような制御をすることはできず、同一のパワー設定で、一律にエキシマレーザアニールを行うこととなる。

【0102】そのため、ボトムゲート型TFTでは、エキシマレーザのレーザパワーに対するAC値の特性は、図15に示すようになり、ガラス基板上(ソース/ドレイン領域上)と、ゲート電極上とで、そのピーク値が異なる位置となってしまう。具体的には、ガラス基板上

(ソース/ドレイン領域上)に位置するポリシリコン膜のAC値の方が、ゲート電極上に位置するポリシリコン膜よりも低いレーザパワーでピーク値を迎えることとなる。

【0103】したがって、AC値を評価して、ポリシリコン膜が良品であるか否かの検査を行う場合、並びに、AC値を評価してエキシマレーザアニール装置から出射されるレーザパワーを最適に設定する場合には、この両者(ガラス基板上及びゲート電極上)のポリシリコン膜が良好となるような値とする必要がある。

【0104】続いて、ボトムゲート型TFTのポリシリコン膜について、エキシマレーザのレーザパワーに対するAC値の具体的な実験データの一例を図16に示す。この図16に示すように、AC値は、ゲート電極上とガラス基板上とで異なるピーク値となる特性となる。例えば、この図16で示した特性図上では、エキシマレーザアニールでのレーザパワーを380mJで設定することが最適であることが分かる。

【0105】(6) 以上のように、ボトムゲート型TFTに形成されたポリシリコン膜を評価する場合に、ポリシリコン膜表面の空間構造の直線性及び/又は周期性を評価することにより、被破壊で容易にポリシリコンの検査をすることができる、検査工程を製造工程に組み込むことが可能となる。また、この直線性及び/又は周期性を数値化するので、目視検査等によらず数値演算が可能となる。さらに、数値化を行って評価を行うので、そのため自動検査が可能となり、また、高い精度で客観的な検査を行うことができる。また、検査結果をアニール処理工程にフィードバックして、製造する薄膜トランジスタの歩留まりを高くすることができる。なお、以上ポリシリコン膜を撮像する装置として、波長266nmの紫外光レーザを用いた顕微鏡装置を適用していたが、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び/又は周期性を評価するための元画像を撮像する装置は、このような装置に限られない。例えば、SEMにより観察した画像に基づいて、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び/又は周期性を評価しても良い。例えば、図17に示すように、紫外光レーザを用いた顕微鏡装置(DUV)で撮像した画像に基づきAC値を求めた場合の特性と、SEMで撮像した画像に基づきAC値を求めた場合の特性とを比較すると、SEMの方がより精彩な画像となるため相対的にAC値が低くなるものの、その特性を示す曲線はほぼ同一となることが分かる。

【0106】また、直線性及び/又は周期性を数値化する手法として自己相関関数を用いた例を詳細に説明したが、数値化の手法もこの自己相関関数を用いた例に限られない。

【0107】ボトムゲート型TFTの製造プロセスにおける具体的な適用例

つぎに、ボトムゲート型TFTの製造プロセスに上記ボ

リシリコン膜評価装置 20 を適用した具体的な適用例について説明する。

【0108】まず、図18に示すような、ボトムゲート型 TFT のポリシリコン膜の撮像画像から得られた AC 値を評価して、その評価結果をエキシマレーザアニール装置にフィードバックし、このエキシマレーザアニール装置 30 から出射されるレーザパワーを最適に設定する適用例 (EQC: Equipment Quality Control) について説明する。

【0109】エキシマレーザアニール装置は、上述したようにレーザパワーの設定値に対して、実際のレーザパワーの出力値の変動が比較的に大きい。出力されるレーザパワーは、ガウス分布的な特性を示しばらつきが生じ、所定のパワー設定値に対してある程度のばらつきが生じる。これに対して、ボトムゲート型 TFT の場合、ポリシリコン膜に与えられるエネルギーの製造マージン (この範囲より外のエネルギーが与えられた場合には不良品となるエネルギー範囲) は、そのばらつきに対して相対的に大きな値となる。

【0110】したがって、図19に示すように、ポリシリコン膜の製造マージンの中心位置がレーザパワーの設定値の最適値となり、この最適値にレーザパワーが設定してあれば、レーザパワーが変動したとしてもポリシリコン膜に与えられるエネルギーは製造マージン内に入ることとなり、高い歩留まりを得ることができる。しかしながら、図20に示すように、レーザパワーの設定値が、製造マージンの最適値に設定されていない場合には、レーザパワーが変動すると、ポリシリコン膜に与えられるエネルギーが製造マージンから外れる場合が多く、歩留まりが低くなってしまう。

【0111】そのため、本適用例は、ボトムゲート型 TFT の AC 値のピーク特性を利用して、以下のように、エキシマレーザアニール装置のレーザパワーを最適値に設定する。

【0112】まず、本適用例では、ポリシリコン膜を形成した複数枚の基板を製造する。このとき、各基板毎にエキシマレーザアニール装置のレーザパワーの設定を変化させ、それぞれの基板についてゲート電極上及びガラス基板上の AC 値を求める。

【0113】すると、図21や図22に示すような、AC 値のピーク曲線をグラフ上に描くことができる。

【0114】このような AC 値のピーク曲線を描くと、ゲート電極上とガラス基板上ともに良好なグレンサイズを得られるレーザパワーの許容範囲 (ポリシリコン膜の製造マージン) を求めることができる。具体的には、製造マージンの下位限界のレーザパワーは、ゲート電極上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最低許容エネルギー (L) に対応したレーザパワー、具体的には、図21及び図22に示したゲート電極上の AC 値の太線で描いた部分の左端のレーザパワー (MO (L))

となる。また、製造マージンの上位限界のレーザパワーは、ガラス基板上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最高許容エネルギー (H) に対応したレーザパワー、具体的には、図21及び図22に示したガラス基板上の AC 値の太線で描いた部分の右端のレーザパワー (G (H)) となる。

【0115】そして、このように求めた製造マージンの中間値を求め、この中間値におけるレーザパワーを最適値として設定する。

【0116】以上のように AC 値を求めて、製造マージンを求め、この製造マージンを最適値として設定することによって、ボトムゲート型 TFT の歩留まりを高くすることができる。

【0117】つぎに、図23に示すような、エキシマレーザアニール装置 30 により製造されたボトムゲート型 TFT のポリシリコン膜の撮像画像から得られた AC 値を評価して、その評価結果をポリシリコン膜の良否判断に適用する適用例 (IPQC: In Process Quality Control) について説明する。

【0118】エキシマレーザアニール装置は、上述したようにレーザパワーの設定値に対して、実際のレーザパワーの出力値の変動が比較的に大きい。したがって、ポリシリコン膜評価装置 20 は、その良否判断を全数又は全数同等に対して行い、このエキシマレーザアニール工程での不良を後段の工程に送らないようにする。

【0119】具体的には、ポリシリコン膜評価装置 20 は、その良否判断を以下のように行う。

【0120】まず、ボトムゲート型 TFT の場合、良品となる範囲は、ゲート電極上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最低許容エネルギー (L) から、ガラス基板上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最高許容エネルギー (H) に対応したレーザパワーまでで、レーザアニールを行った場合である。具体的には、図24に示すゲート電極上の AC 値の太線で描いた部分の左端のレーザパワーから、ガラス基板上の AC 値の太線で描いた部分の右端のレーザパワーである。すなわち、図24に示す③、④の範囲に入るレーザパワーでレーザアニールを行った場合には、そのポリシリコン膜は良品となる。

【0121】そこで、ポリシリコン膜評価装置 20 は、まず、ゲート電極上のポリシリコン膜の AC 値を求める。続いて、この AC 値が、ポリシリコン膜に許容最低エネルギー L を与えたときに求められる閾値 $AC_L (M)$ より大きいか否かを判断する。ここで、AC 値が、閾値 $AC_L (M)$ より大きければ、図24に示す③の範囲に入っており、そのポリシリコン膜が良品であると判断する。

【0122】AC 値が閾値 AC_L より小さければ、続いて、次の判断をする。ここで、ガラス基板上のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最高許容エネルギー

(H) に対応したレーザパワーにより、ゲート電極上のポリシリコン膜をレーザアニールをしたときの自己相関値を、閾値 $A C_b$ とする。このときに、ゲート電極上のポリシリコン膜の $A C$ 値が閾値 $A C_t$ ～閾値 $A C_b$ の範囲にあり、且つ、ガラス基板上のポリシリコン膜の $A C$ 値が閾値 $A C_b$ より低くなっているか否かを判断する。この条件を満足する場合には、図 24 に示す④の範囲に入っている、そのポリシリコン膜が良品であると判断し、この条件を満足しない場合には、図 24 に示す①、②、⑤の範囲に入っている、ポリシリコン膜は不良品であると判断する。

【0123】以上のように、ゲート電極上及びガラス基板上のポリシリコン膜の $A C$ 値を求め、ゲート電極上とガラス基板上のポリシリコン膜の自己相関値の特性の違いを利用して、ポリシリコン膜が良品であるか否かを判断することにより、レーザアニール処理工程以後の後段の処理を軽減することができる。

【0124】例えば、図 25 (A)、図 25 (B) に示すように、1 つのガラス基板上に複数の LCD が形成される場合にも、全ての LCD に対して検査を行うことにより、部分的に不良が発生した場合でも、その不良位置を判断することができ、後段の処理を軽減することができる。

【0125】

【発明の効果】本発明にかかるポリシリコン評価方法では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0126】このことにより本発明にかかるポリシリコン評価方法では、被破壊で容易にポリシリコンの評価をすることことができ、また、目視検査等によらず数値演算が可能となるので、自動評価が可能となり、さらに、高い精度で客観的な評価を行うことができる。

【0127】本発明にかかるポリシリコン検査装置では、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0128】このことにより本発明にかかるポリシリコン検査装置では、被破壊で容易にポリシリコンの検査をすることことができ、また、目視検査等によらず数値演算が可能となるので、自動検査が可能となり、さらに、高い精度で客観的な検査を行うことができる。

【0129】本発明にかかる薄膜トランジスタ製造方法は、アニール処理により形成されたポリシリコン膜の膜表面の空間構造の直線性及び／又は周期性を評価する。

【0130】このことにより本発明にかかる薄膜トランジスタでは、被破壊で容易にポリシリコンの検査をすることでき、検査工程を製造工程に組み込むことが可能となる。また、目視検査等によらず数値演算が可能となるので、自動検査が可能となり、また、高い精度で客観的な検査を行うことができる。また、検査結果をアニール処理工程にフィードバックして、製造する薄膜トラン

ジスタの歩留まりを高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】ボトムゲート型 TFT の模式的な断面構成を説明する図である。

【図 2】ポリシリコン膜を形成したのちのボトムゲート型 TFT の断面構造を説明するための図である。

【図 3】ポリシリコン膜のグレーンサイズと、エキシマレーザアニールで与えられるエネルギーとの関係を説明するための図である。

【図 4】レーザパワーを最適値としてエキシマレーザアニールを行ったときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも少ないパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも大きいパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像とを説明するための図である。

【図 5】本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置の構成図である。

【図 6】ポリシリコン膜の評価手順を説明するためのフローチャートである。

【図 7】周期性が高い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 8】周期性が低い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 9】ポリシリコン膜の他の評価手順を説明するためのフローチャートである。

【図 10】上記他の評価手順で評価した場合の周期性が高い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 11】上記他の評価手順で評価した場合の周期性が低い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 12】具体的な撮像画像に対する求められた $A C$ 値の特性を説明する図である。

【図 13】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーに対する自己相関値の特性を説明するための図である。

【図 14】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーに対する $A C$ 値及びグレーンサイズの特性を説明するための図である。

【図 15】ボトムゲート型 TFT におけるエキシマレーザのレーザパワーに対する $A C$ 値の特性を説明するための図である。

【図 16】ボトムゲート型 TFT のポリシリコン膜について、エキシマレーザのレーザパワーに対する $A C$ 値の具体的な実験データの一例を説明するための図である。

【図 17】紫外光レーザを用いた顕微鏡装置 (DUV) で撮像した画像に基づき $A C$ 値を求めた場合の特性と、SEM で撮像した画像に基づき $A C$ 値を求めた場合の特性とを比較して説明するための図である。

【図 18】ボトムゲート型 TFT の製造プロセスにポリシリコン膜評価装置を適用した具体的な適用例 (EQC) の構成を説明するための図である。

【図 19】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーの製

造マージンと、エキシマレーザパワーの変動との関係を説明するための図である（最適にレーザパワーが設定されている場合）。

【図20】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーの製造マージンと、エキシマレーザパワーの変動との関係を説明するための図である（最適にレーザパワーが設定されていない場合）。

【図21】ボトムゲート型TFTの製造マージンとレーザパワーとの関係の一例を示し、この一例からレーザパワーの最適値を求めるための方法を説明するための図である。

【図22】ボトムゲート型TFTの製造マージンとレーザパワーとの関係の他の一例を示し、この他の一例からレーザパワーの最適値を求めるための方法を説明するための図である。

【図23】ボトムゲート型TFTの製造プロセスにポリシリコン膜評価装置を適用した他の具体的な適用例（IPQC）の構成を説明するための図である。

【図24】ボトムゲート型TFTのAC値からポリシリコン膜の良否判定をする方法を説明するための図である。

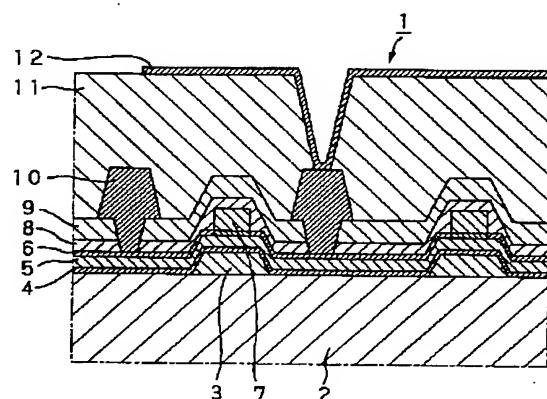
【図25】ガラス基板上に形成された複数のLCDに対して上記良否判断をしたときの判断結果の一例を説明するための図である。

【符号の説明】

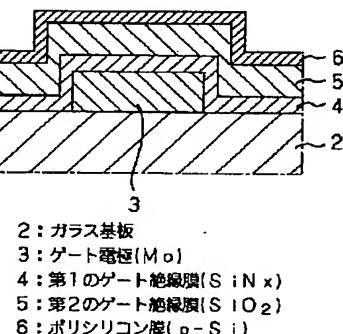
1 ボトムゲート型TFT、2 ガラス基板、3 ゲート電極、4 第1のゲート絶縁膜(SiNx)、5 第2のゲート絶縁膜(SiO₂)、6 ポリシリコン膜(p-Si)、20 ポリシリコン膜評価装置、30 エキシマレーザアニール装置

【図1】

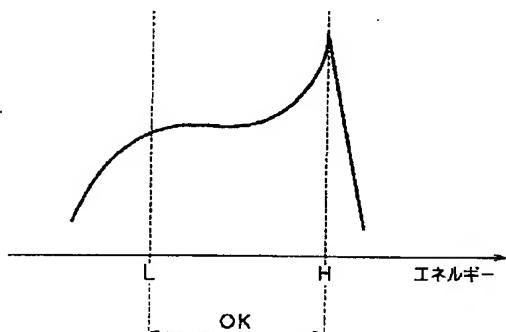
2: ガラス基板
3: ゲート電極(Mo)
4: 第1のゲート絶縁膜(SiNx)
5: 第2のゲート絶縁膜(SiO₂)
6: ポリシリコン膜(p-Si)
7: ストッパ(SiO₂)
8: 第1の層間絶縁膜(SiNx)
9: 第2の層間絶縁膜(SiO₂)
10: 配線
11: 平坦化膜(HRC)
12: 透明導電膜(ITO)



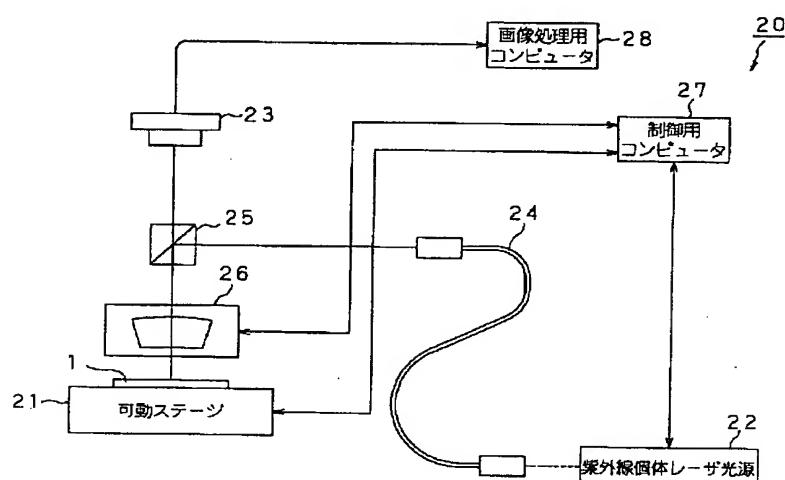
【図2】



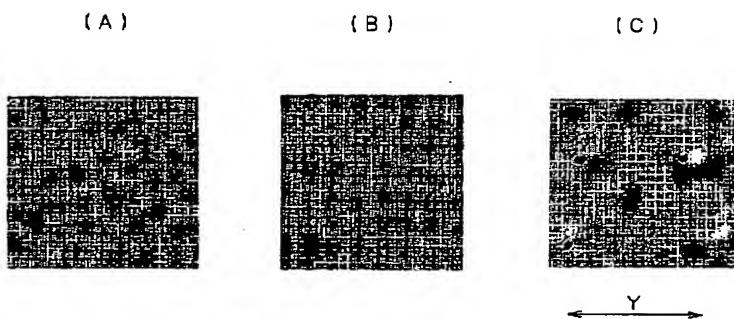
【図3】



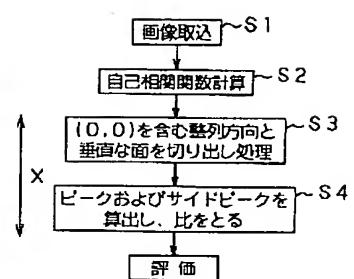
【図5】



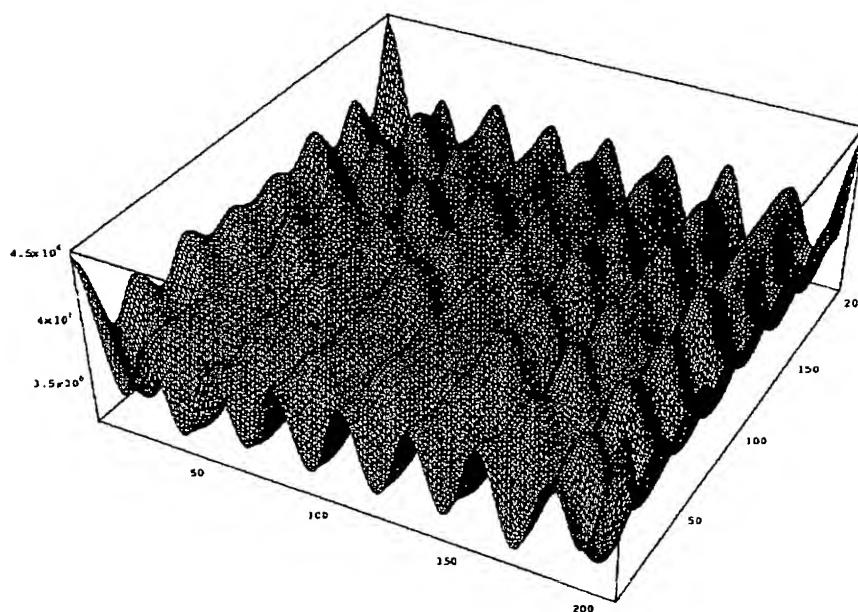
【図 4】



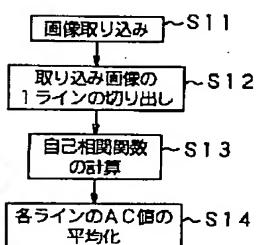
【図 6】



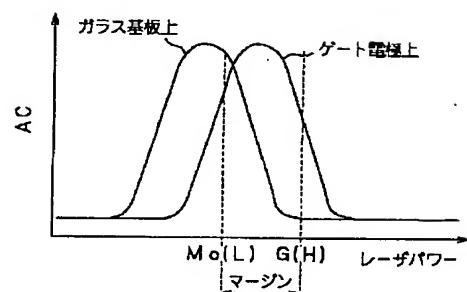
【図 7】



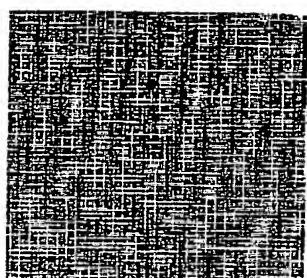
【図 9】



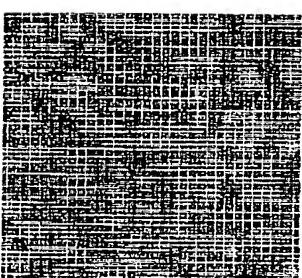
【図 15】



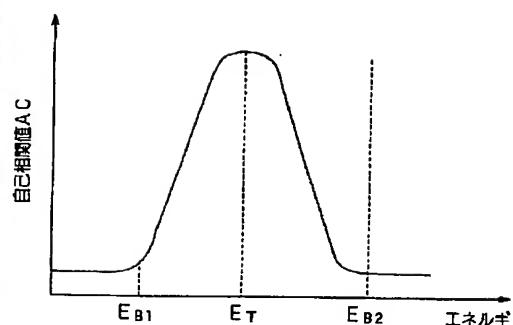
【図 10】



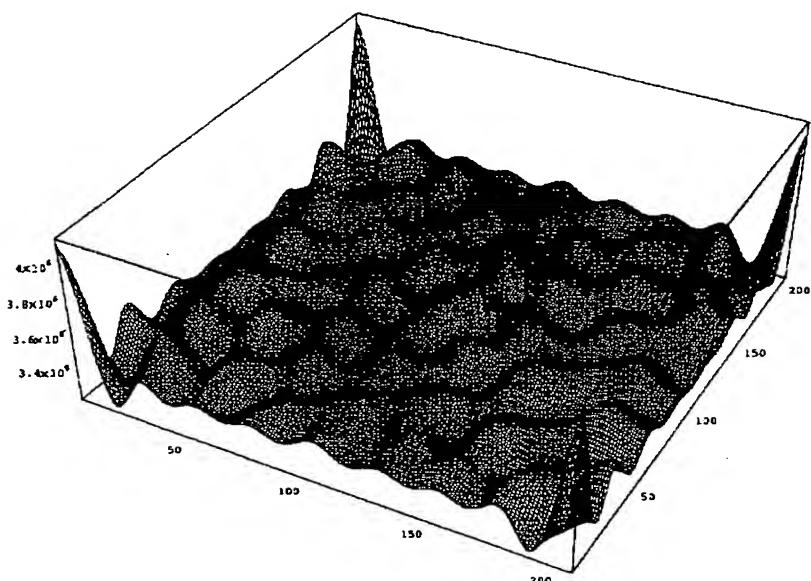
【図 11】



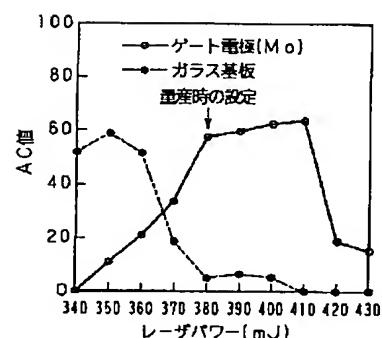
【図 13】



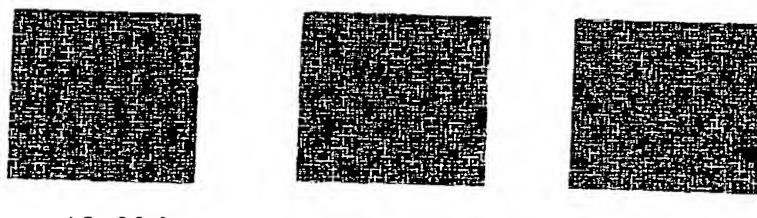
【図 8】



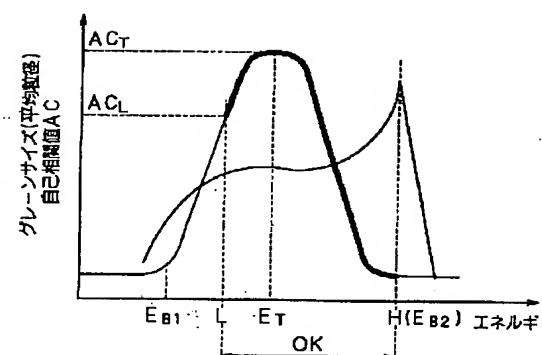
【図 16】



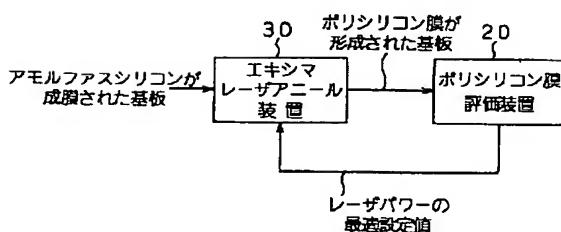
【図 12】



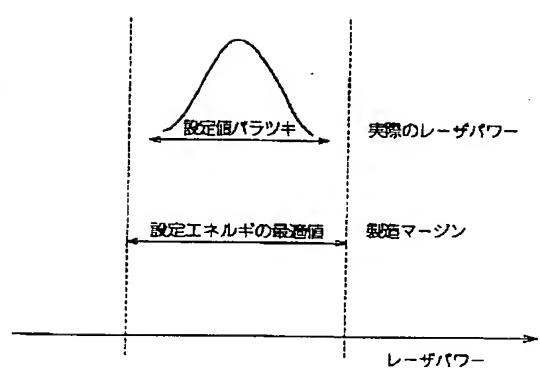
人間の見た目の直線性とAC値の比較



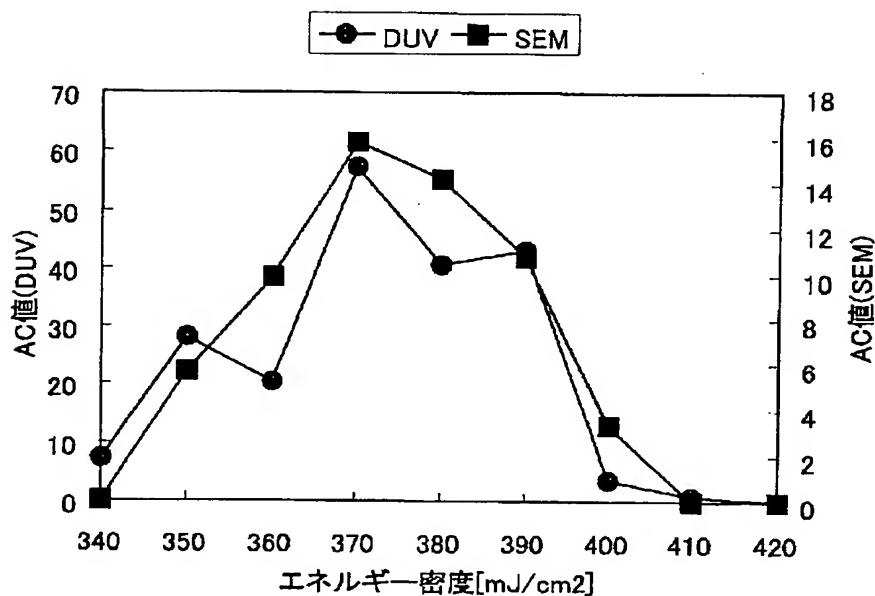
【図 18】



【図 19】



【図17】

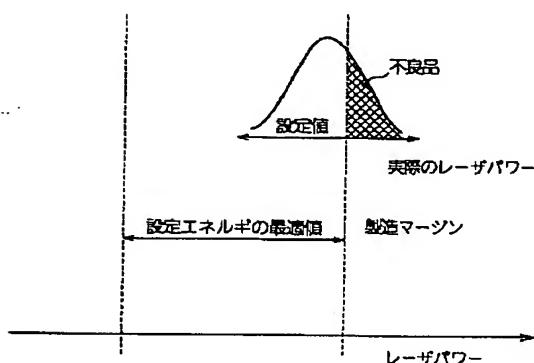


【図25】

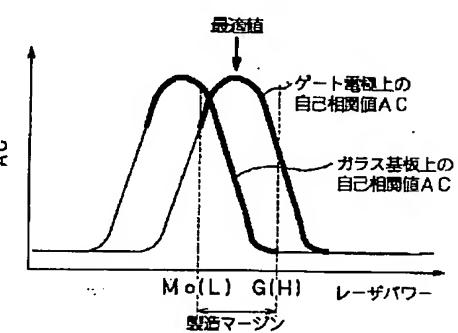
良品	良品	不良品	良品
不良品	良品	良品	良品
良品	不良品	良品	良品
良品	良品	良品	不良品

良品	良品	良品	良品
良品	不良品	不良品	良品
良品	不良品	不良品	良品
良品	良品	良品	良品

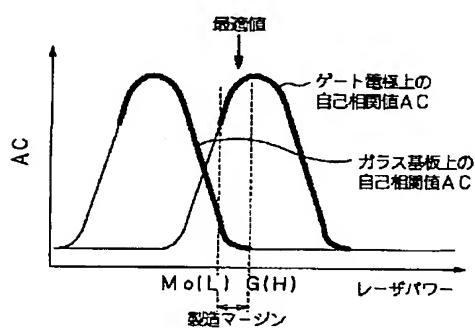
【図20】



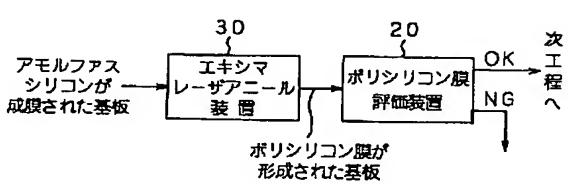
【図21】



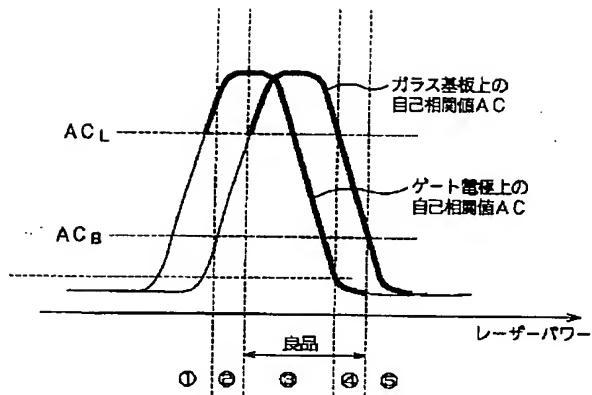
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7
H 0 1 L 21/336

F I
H 0 1 L 29/78

テマコト[®] (参考)
6 2 7 G

(72) 発明者 田口 歩
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内
(72) 発明者 田附 幸一
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内
(72) 発明者 梅津 暁彦
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内
(72) 発明者 久保田 重夫
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内
(72) 発明者 阿部 哲夫
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内
(72) 発明者 大島 朗文
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内
(72) 発明者 服部 正
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内

(72) 発明者 高徳 真人
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内
(72) 発明者 菅野 幸保
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内
F ターム (参考) 2G051 AA51 AB20 BA05 BA10 BB17
BC05 CA03 CA04 CB06 DA07
EB01 EB02 EC03 EC06 ED07
2H092 JA25 JA26 KA04 KA05 MA30
NA21 NA25 NA30
4M106 AA01 AA10 AB01 BA05 CA38
DB04 DB08 DJ17 DJ18 DJ19
DJ20 DJ21
5F052 AA02 BA07 BB07 CA07 DA02
DB02 JA10
5F110 AA24 AA26 CC08 DD02 EE04
FF02 FF03 FF09 GG02 GG13
GG22 GG25 GG47 HJ12 HL03
HL04 HL07 HL11 NN03 NN04
NN12 NN14 NN23 NN24 PP03
PP05 PP06 PP24 PP40 QQ19
QQ30